



ESTUDIO PRELIMINAR DEL LEVANTE DE JUVENILES DE ARAWANA PLATEADA (*Osteoglossum bicirrhosum*) EN SISTEMAS CERRADOS DE RECIRCULACIÓN

Carolina Hernández Olaya¹

Edwin Gómez Ramírez¹

Hernán Hurtado Giraldo^{2, 3}

Fecha de recepción: 5 de marzo de 2010

Fecha de aceptación: 26 de mayo de 2010

PRELIMINARY STUDY OF JUVENILE SILVER ARAWANA (*Osteoglossum bicirrhosum*) GROWTH ON CLOSED RECIRCULATION SYSTEMS

¹ Biólogo, Asistente de Investigación, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

² Docente Investigador, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

³ Dirección de correspondencia: hernan.hurtado@unimilitar.edu.co

RESUMEN

En este estudio, se evaluó el comportamiento la cinética de crecimiento, supervivencia y algunos parámetros productivos en juveniles de Arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) cultivados en Sistemas Cerrados de recirculación (SCR). Este trabajo fue realizado durante cuatro meses en el Laboratorio de Acuicultura de La Facultad de Ciencias de La Universidad Militar Nueva Granada, localizada en Cajicá (Cundinamarca). Juveniles de *O. bicirrhosum* fueron levantados a la misma densidad (30 peces por tanque) en dos idénticos SCR (TK1 y TK2). El peso promedio para TK1 fue de $12.2 \text{ g} \pm 3.47 \text{ g}$ y una longitud total promedio de $15.32 \text{ cm} \pm 1.39 \text{ cm}$ y para TK2 fue de $14.83 \text{ g} \pm 7.47 \text{ g}$ y una longitud total de $16.25 \text{ cm} \pm 2.76 \text{ cm}$. Cada SCR consistía de los siguientes componentes: un tanque plástico de 500L conectado a un tanque plástico de 208 L (biofiltro), donde el agua era recirculada por medio de una bomba sumergible (2500 L/h). Estos juveniles fueron alimentados dos veces al día con Truchina al 50% de proteína en los primeros tres meses y Truchina al 38% de proteína al cuarto mes, ajustado al 10% del peso corporal. En este estudio se realizaron muestreos de calidad de agua, entre los parámetros que se registraron se encuentran: amonio, nitrato, temperatura y pH. Cada 15 días 10 individuos eran capturados de manera aleatoria registrando su peso y longitud total. Se calcularon algunos parámetros productivos como: Ganancia en peso, biomasa total, tasa de crecimiento específico (TCE), entre otras. Al final del estudio, los juveniles de *O. bicirrhosum* exhibieron una supervivencia del 80% para el TK1

y del 83% para el TK2, con un peso final individual de $66.96 \text{ g} \pm 16.86 \text{ g}$ y $55.91 \text{ g} \pm 10.89 \text{ g}$ para TK1 y TK2 respectivamente. El peso ganado fue de 54.76 g para el TK1 y 41.08 g para el TK2. La Tasa específica de Crecimiento fue de $1.72\% \text{ días}^{-1}$ para el TK1 y de $1.34\% \text{ días}^{-1}$ para TK2. La longitud total fue de $25.13 \text{ cm} \pm 1.98 \text{ cm}$ para el TK1 y $23.75 \text{ cm} \pm 1.54 \text{ cm}$ para el TK2. La alta supervivencia obtenida al final de este estudio, además de los resultados de crecimiento (peso y longitud) que fueron similares a los reportados en estanques de tierra, es un indicativo de que los SCR son adecuados para el levante de Juveniles de *O. bicirrhosum*.

Palabras clave: *Osteoglossum bicirrhosum*, Arawana plateada, Sistemas Cerrados de Recirculación, Levante.

ABSTRACT

In this study, growth kinetics survival and some productive parameters in silver Arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) juveniles cultured in closed recirculation systems (CRS) were evaluated. This work was conducted during four months in the Aquaculture Laboratory Sciences Faculty, Nueva Granada Military University, located at Cajicá (Cundinamarca). Juveniles of *O. bicirrhosum* were stocked (30 fish per tank) in two identical CRS (TK1 and TK2). The mean weights were $12.2 \text{ g} \pm 3.47 \text{ g}$, and a mean total length of $15.32 \text{ cm} \pm 1.39 \text{ cm}$ for TK1, and $14.83 \text{ g} \pm 7.47 \text{ g}$, and $16.25 \text{ cm} \pm 2.76 \text{ cm}$ for TK2. Each CRS consisted of the following components: a 500 L plastic tank, connected to 208 L plastic tank (biofilter), where the water was recirculated by a pump submergible (2500 L/h). Juveniles were fed twice a day with Truchina

at 50% protein the first three months, and the fourth month with Truchina at 38% proteína, adjusted to 10% body weight. Water quality sampling was conducted throughout the study, and measured parameters included ammonia, nitrite, nitrate, temperature and pH. Each 15 days 10 randomly chosen individual fish were weighed and total length were obtained. Productive parameters were calculated as: weight gain, total biomass, specific growth rate (SGR) among others. At the end of the study, juveniles of *O. bicirrhosum* exhibited a survival of 80% for TK1 and 83 % for TK2, with a final individual weight of $66.96 \text{ g} \pm 16.86 \text{ g}$ and $55.91 \text{ g} \pm 10.89 \text{ g}$ for TK1 and TK2 respectively. The weight gained was of 54.76 g for TK1 and 41.08 g for TK2, with a total biomass of 1.6 kg for TK1 and 1.4 Kg for TK2. Specific growth rate were $1.72\% \text{ days}^{-1}$ for TK1 and $1.34\% \text{ days}^{-1}$ for TK2. Final total lengths were $25.13 \text{ cm} \pm 1.98 \text{ cm}$ for TK1 and $23.75 \text{ cm} \pm 1.54 \text{ cm}$ for TK2. The high survival found at the end of the study, moreover the results of growth in this study (weight and length) were similar to those reported in earthen ponds, is indicated that CRS are adequate for reared *O. bicirrhosum*.

Key words: *Osteoglossum bicirrhosum*, Silver Arawana, Closed Recirculation Systems, Reared.

INTRODUCCION

La Arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) es una especie que habita en la Cuenca Amazónica, así como también en los ríos de Putumayo, Caquetá y Orinoco (Rodríguez, 2005). Tiene un alto precio comercial, por ser un pez exótico, gracias a su coloración

plateada y su movimiento armónico que lo hacen llamativo y atractivo para el mercado acuarista (Rodríguez, 2005; Urueña, 2005).

El cuerpo de *O. bicirrhosum* está cubierto con escamas grandes, con aletas dorsales y anales casi fusionadas con la aleta caudal (Urueña, 2005); además posee una cabeza comprimida lateralmente, con grandes ojos y unos barbillones sensoriales ubicados en la mandíbula (Planquette y Lebail, 1996; Argumedo, 2005). Presenta alimentación carnívora con tendencia a la omnívora (Chaves *et al*, 2005) siendo un predador generalista (Planquette y Lebail, 1996; Lowry *et al*, 2005).

Comercialización

En Latinoamérica, el principal país productor de recursos ictiológicos es Brasil con el 63% seguido de Colombia con 14% (60000 ton), Venezuela con el 12%, Perú con 9% y el resto con el 2% (Quintero, 2000).

Específicamente en Leticia (Amazonas) 1.700.000 unidades de peces tanto ornamentales como de consumo son comercializadas para el interior del país y para exportación. Una de las especies más explotadas es *O. bicirrhosum*, de tal forma que del total de organismos comercializados en Leticia el 29% es de esta especie, dándole ingresos a la región de aproximadamente 520 mil dólares al año (Quintero, 2000; Rodríguez, 2005).

Según los datos reportados por el desaparecido Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA, el número de peces (*O. bicirrhosum*) exportados mensualmente se incrementaron en un 20 % entre los años 1997 y 2002. Es decir, que pasaron de 496.499 a 845.619 peces exportados (Mancera y Álvarez, 2008).

Una de las principales razones de su pesca es el comercio hacia el exterior (Quintero, 2000), donde los alevinos dependiendo de su longitud llegan a costar aproximadamente entre US\$ 5 a 25 cada uno (Mancera y Álvarez, 2008) y un adulto que puede llegar a medir 120 cm (Rodríguez, 2005), puede alcanzar un costo en el mercado internacional de US\$100-500 (Argumedo, 2005; Mancera y Álvarez, 2008).

Es por eso que el Grupo de Ictiología, Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Militar Nueva Granada, quiere ofrecer una alternativa en el levante de *O. bicirrhosum* por medio de un sistema cerrado de recirculación (SCR) de fácil operación que permite ahorro de agua y espacio, controlando algunos parámetros físico-químicos.

Sistemas Cerrados de Recirculación

Las tendencias vigentes de producción están enfocadas a la construcción y diseños de sistemas productivos que permitan ahorrar los mayores volúmenes posibles de agua, además que ocupen menor espacio, que requieran menor mano de obra y que a la vez, sean más eficientes en el volumen de producción (Piedrahita, 2006).

Los SCR cubren con tales exigencias pues permiten disminuir los espacios de ubicación, una reducción en la labor por unidad de producción, un mejor control de los parámetros físico-químicos, un incremento en la calidad y disponibilidad del producto (Mcgee y Cichra, 2000; Moseby, 2003; Watson y Hill, 2006), y facilitan el manejo operativo (Espinoza, 1999).

El principio de la recirculación es la reutilización del agua de los tanques de cultivo luego

de pasar por filtros mecánicos, que eliminan sólidos en suspensión, por unos biofiltros que transforman el amonio en nitrito y esté en nitrato, eliminan el CO₂, se proporciona O₂, y se controla la temperatura (Espinoza, 1999).

Estos sistemas se han venido trabajando en la Universidad Militar Nueva Granada, en donde se busca emplear tecnologías más económicas que permitan disminuir los costos en la infraestructura. Se han desarrollado estudios con *Oreochromis sp* (Rodríguez et al, 2007), *Oncorhynchus mykiss* (Montaña et al, 2005), *Carassius auratus* (Sánchez et al, 2007), *Piaractus brachipomus* (Botello y Fuquem, 2006), *Ariopsis seemani* (datos no publicados), y *Ciprinus carpio* (trabajo en curso).

Con el fin de dar continuidad a esta línea de investigación, este proyecto planteó determinar la cinética de crecimiento de *O. bicirrhosum*, la supervivencia y algunos parámetros productivos en un SCR.

MATERIALES Y METODOS

El levante de *O. bicirrhosum* se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada; ubicada en el Municipio de Cajicá Cundinamarca.

Los juveniles de *O. bicirrhosum* provenían de la Estación Piscícola "La Terraza", ubicada en Villavicencio (Meta) a mediados del mes de Agosto de 2007; luego fueron trasladados al laboratorio de Acuicultura de la Universidad, donde fueron puestos en aclimatación.

En la construcción del SCR para el levante de juveniles de *O. bicirrhosum* se utilizaron dos tanques plásticos, uno de 500 L (tanque de

cultivo de peces) y un tanque plástico de 208 L para el biofiltro, con un volumen total por sistema de 280 L (210 L tanque de peces y 70 L para el biofiltro). Adicionalmente, en el biofiltro fue necesario introducir de 45 a 50 kg de grava de diferentes tamaños que llenaban las tres cuartas partes del tanque y un kilo de carbón activado puesto sobre anejo (0.3 cm de diámetro).

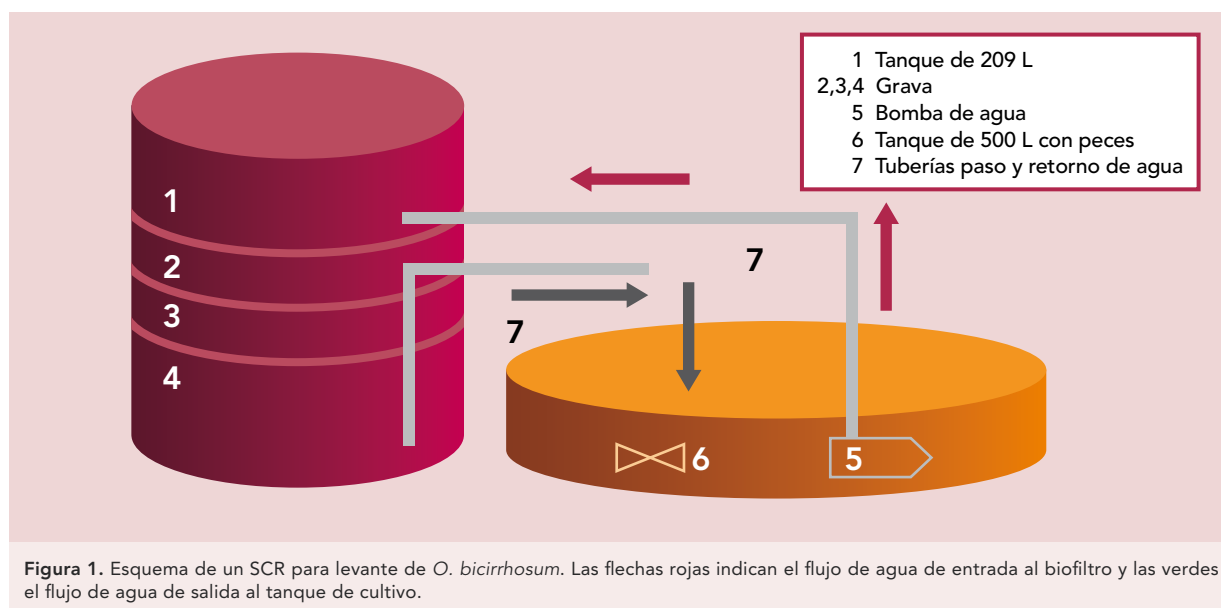
Se usó una bomba RESUN® de un flujo de 2500 L/h, para la conducción del agua desde el tanque de peces al biofiltro. Esta bomba se conectó a una manguera de PVC de 130 cm de largo y $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro que comunicaba al biofiltro (Fig. 1). Para mantener la temperatura en el rango escogido (23-25°C) se dispusieron tres termostatos de 300 w dentro del tanque de cultivo.

El experimento constó de dos SCR, que se mantuvieron en condiciones similares y el seguimiento de los peces se realizó durante cuatro meses.

Se sembraron en cada SCR 30 juveniles, con un peso de $12.2 \text{ g} \pm 3.47 \text{ g}$ y una longitud total de $15.3 \text{ cm} \pm 1.39 \text{ cm}$ para el Tanque 1 (TK1), para el caso del Tanque 2 (TK2) el peso promedio fue de $14.8 \text{ g} \pm 7.47 \text{ g}$ y de longitud de $16.2 \text{ cm} \pm 2.76 \text{ cm}$, donde no se observaron diferencias significativas para el tiempo inicial ($p > 0.05$).

La calidad de agua se registró con kits comerciales (SERA®) para determinar las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos. Para determinar la temperatura se utilizó un termómetro de mercurio Brumer® y el pH se registró con un potenciómetro marca Schott®. Estas mediciones se realizaron inicialmente cada 15 días durante el primer mes, posteriormente se tomaron cada ocho días durante los tres meses siguientes.

Cada grupo experimental fue alimentado con concentrado comercial extrudizado de Truchina al 50% de proteína bruta en los primeros



Específicamente en Leticia (Amazonas) 1.700.000 unidades de peces tanto ornamentales como de consumo son comercializadas para el interior del país y para exportación. Una de las especies más explotadas es *O. bicirrhosum*, de tal forma que del total de organismos comercializados en Leticia el 29% es de esta especie, dándole ingresos a la región de aproximadamente 520 mil dólares al año.

tres meses, luego fueron alimentados con Tru-china al 38% de proteína bruta en el último mes, con una frecuencia de alimentación de dos veces al día, en la mañana (8:00) y en la tarde (17:00), ajustada al 10% de la masa corporal.

Quincenalmente se tomaban 10 individuos aleatoriamente de cada tanque y se registraban las variables de peso, longitud total y longitud estándar. Estos datos se tomaron poniendo al pez en una franela para la eliminación del exceso de agua y luego puesto en un recipiente puesto en la balanza analítica, luego eran introducidos en una bolsa plástica la cual permitía que el pez quedara inmovilizado y permitiera la toma de longitud total y estándar por medio de una cinta métrica.

Análisis de Datos

Los datos fueron evaluados a partir de una prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Del mismo modo se realizó una prueba de t para determinar diferencias entre tanques en las variables evaluadas (peso y longitud total). Estas pruebas se llevaron a cabo con el programa R- Project, versión 2.8 de libre distribución en internet; además de evaluar tres modelos de

crecimiento (potencial, lineal y exponencial) que permitieron conocer el modo de crecimiento de esta especie en SCR.

De la misma manera, se calcularon algunos parámetros productivos como: FCA (Factor de Conversión Alimenticia), TCE (Tasa de Crecimiento Específico) y GP (Ganancia en peso), Biomasa tanto inicial como final, alimento suministrado durante todo el estudio y K (Factor de condición). Esto se realizó a partir de las ecuaciones mostradas en la tabla 1.

Finalmente se determinó la sobrevivencia de los juveniles en los SCR por medio de la fórmula (1) propuesta por Deza et al. 2002

$$\% S = ((SF \times 100) / LS) (1)$$

Donde: SF número de individuos vivos al final del experimento; LS número de individuos sembrados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Crecimiento y Parámetros Físico-químicos

Una prueba de normalidad (test de Shapiro-Wilk) aplicada a los datos de peso y longitud total, arrojó normalidad. Luego se realizó una prueba de t evaluando los pesos iniciales

Parámetros evaluados	Ecuaciones
Ganancia en Peso	GP = Peso final – Peso inicial
Factor de Condición	K= ((peso *100)/longitud total ³)
Factor de Conversión alimenticia	FCA= total alimento suministrado/Bf*
Tasa de Crecimiento Específico	TCE=(100*[(ln Wx-lnWi)/días total de estudio])"

*Bf: Biomasa final. "ln Wx es el logaritmo natural del peso final y ln Wi es el logaritmo natural del peso inicial de los peces (Tomado y modificado de Deza *et al.* 2002. (*) Martínez *et la.* 2005).

Tabla 1. Ecuaciones para la evaluación de crecimiento y FCA en el levante de *O.bicirrhosum*.

en ambos tanques (Tabla 2), los cuales no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$), pero si se presentaron diferencias en la variable peso en el séptimo muestro (Tabla 3) y al final del experimento ($P<0.05$), donde se presenta un decrecimiento en la TCE (TK1-0.0004% días⁻¹ y TK2 -0.04 % días⁻¹). De igual manera, se realizó para la longitud total inicial y la longitud total final (Tabla 2), mostrando un comportamiento similar al presentado por la variable de peso.

Al observar los resultados de crecimiento de esta investigación se encontró que los dos sistemas evaluados (TK1 y TK2) se comportaron de manera similar, pero que el TK2 presentó menores valores de longitud total al

final del estudio en comparación a TK1. Varios factores pudieron haber influido en este hecho. Uno de ellos es a partir de los parámetros físico-químicos, pues al observar detenidamente los muestreos desde el día 27 de agosto (NH_3 = TK1 2.4 mg/L y 0.1 mg/L TK2, NO_3 = TK1 de 10 mg/L y de 110 mg/L para TK2 y especialmente NO_2 = TK1 1.6 mg/L y TK2 0.6 mg/L y un pH de 5.99 en TK1 y para TK2 de 4.84 con una temperatura de 24 ± 0.5 °C para el TK1 y 24 ± 0.1 °C para el TK2) en adelante (Tabla 4), los parámetros químicos evaluados presentaron fluctuaciones en sus valores de amonio, nitrito y nitrato, lo cual coincide con un decrecimiento en las variables estudiadas

	Tanque	
	TK1	TK2
N° de Peces Inicial	30	30
Peso Inicial (g)	12.2 ± 3.4 ^a	14.83± 7.4 ^a
Longitud Total Inicial (cm)	15.3 ± 1.3 ^a	16.2 ± 2.7 ^a
N° de Peces Final	25 ^a	24 ^a
Peso Final (g)	66.9 ± 16.8 ^a	55.9 ± 10.8 ^b
Longitud Total Final (cm)	25.1 ± 1.9 ^a	23.7 ± 1.5 ^b

^a valores con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Tabla 2. Datos de peso inicial y final, así como también de longitud total inicial y final para *O. bicirrhosum* en SCR. Con $p<0.05$ como valor umbral para definir significancia estadística.

TCE (% días ⁻¹)	
TK1	TK2
0.46	0.44
0.45	0.36
0.15	0.055
0.26	0.23
0.22	0.12
-0.0004	-0.04
0.16	0.17

Tabla 3. Valores de TCE (Tasa de crecimiento específica) de TK1 y TK2 en los cuatro meses de estudio.

de longitud y peso. Los altos niveles de nitrito ($\text{NO}_2 = \text{TK1 } 1.6 \text{ mg/L}$ y $\text{TK2 } 0.6 \text{ mg/L}$) presentados en este muestreo pudieron haber ocasionado varios desbalances a nivel fisiológico en los peces, entre los que se destacan; disminución del transporte de oxígeno en la sangre debido a que el nitrito atraviesa las membranas de los eritrocitos transformando la molécula de hemoglobina en metahemoglobina. También se produce una hiperventilación en los peces aumentando la frecuencia cardíaca debido que el nitrito produce vasodilatación

inapropiados para la especie, pues los peces crecieron en los SCR (Tabla 2) y mostraron un crecimiento similar al reportado por Argumedo (2005) en estanques de tierra (Fig.2)

En el caso del amonio, el pH ácido (Tabla 3), que se presentó durante todo el estudio permitió que esté estuviera en menor proporción en la forma tóxica ($\%\text{NH}_3 = 0.1$ con temperatura de 24°C y pH 6-6.5, Timmons *et al*, 2002) y no perjudicara notoriamente la salud y crecimiento de los peces (Rodríguez *et al*. 2001). Los valores de pH tendieron a estar por debajo de los niveles

Las tendencias vigentes de producción están enfocadas a la construcción y diseños de sistemas productivos que permitan ahorrar los mayores volúmenes posibles de agua, además que ocupen menor espacio, que requieran menor mano de obra y que a la vez, sean más eficientes en el volumen de producción.

(posible vía óxido nítrico generado por el nitrito) lo cual es contrarrestado por un aumento del bombeo cardíaco para restablecer la presión sanguínea (Jensen, 2003).

Para la especie *O. bicirrhosum* aún no se han reportado valores de los parámetros de amonio, nitrito y nitrato en cultivo, por lo cual este sería el primer trabajo que describiría el comportamiento de estos parámetros en un cultivo y más aún en SCR. Aunque estos valores son relativamente altos en comparación con los óptimos reportados para otras especies dulce acuícolas, no necesariamente indican que son

reportados por Argumedo (2005) (6.5-8.5) para la cría comercial de *O. bicirrhosum*, lo cual no indica que estos sean los más apropiados para la especie. Sin embargo, faltan investigaciones en donde se evalúen diferentes valores de pH y concentraciones de amonio, nitrito y nitrato, que permitan determinar las condiciones apropiadas para el cultivo de esta especie en diferentes sistemas de producción.

El SCR utilizado en esta investigación fue diseñado a mínimo costo. El biofiltro, el cual estaba constituido de grava de diferente tamaño y carbón activado, cumplía también funciones

Fecha de muestreo	TK1	TK2	TK1	TK2	TK1	TK2	TK1	TK2
	NH ₃		NO ₂		NO ₃		pH	
30 - Julio	0.3	0.1	0.3	0.1	10	10	6.55	6.53
03 - Agosto	0.6	0.3	0.1	0.1	5	5	6.48	6.45
22 - Agosto	0.6	1.2	-	-	110	110	6.06	5.31
27 - Agosto	2.4	0.1	1.6	0.6	10	110	-	-
03 - Septiembre	0.3	0.3	-	-	10	10	5.99	4.84
06 - Septiembre	0.6	1.2	-	-	10	10	5.75	5.23
17 - Septiembre	2.4	0.3	0.8	0.1	20	5	-	-
21 - Septiembre	2.4	0.1	0.3	0.6	20	5	5.89	6.32
24 - Septiembre	3.7	0.6	0.3	0.1	10	10	6.11	6.8
01 - Octubre	0.6	2.4	0.1	0.1	20	10	6.51	6.52
03 - Octubre	3.7	2.4	0.3	0.3	10	20	6.2	5.65
09 - Octubre	2.4	3.7	0.3	0.3	10	20	-	-
12 - Octubre	2.4	2.4	0.1	0.8	5	10	6.38	6.54
17 - Octubre	3.7	3.7	0.1	0.1	5	5	6.26	5.35
19 - Octubre	3.7	3.7	0.1	0.1	5	5	5.73	5.35
21 - Octubre	3.7	3.7	0.1	0.1	20	5	5.56	5.26

Tabla 4. Datos de los parámetros físico-químicos de TK1 y TK2 durante los cuatro meses de muestreo en el levante de juveniles *O. bicirrhosum* en SCR.

de filtro mecánico reteniendo las partículas en suspensión de los residuos de comida y excretas de los peces. En la tabla 3 se puede observar que en los primeros muestreos (parámetros físico-químicos) el sistema funcionaba adecuadamente pues los niveles de nitrato iban en aumento llegando hasta 100 mg/L, lo cual era un indicativo del estado de madurez del biofiltro. En este contexto, Timmons *et al*, (2002) reporta que cuando se presentan niveles altos de nitrato las poblaciones de bacterias nitrificantes ya se establecieron. Así mismo, los altos niveles de nitrato no son considerados tóxicos para los peces como se ve en el caso del catfish (*Ictalurus punctatus*) que a niveles de 200 mg/L no afecta su crecimiento (Wedemeyer, 1996).

A finales de agosto y a principios de septiembre se presentó una caída abrupta de los valores de nitrato y de ahí en adelante una oscilación del amonio y el nitrito. Stratton (1998) menciona que los filtros en grava presentan problemas con la acumulación de detritos los cuales no son rápidamente reciclados y que a su vez disminuyen el área de adherencia de las bacterias nitrificantes (Timmons *et al*, 2002). Otro problema es que estos detritos provenientes de los desechos de comida y excreta consumen oxígeno en los procesos de descomposición orgánica, disminuyendo en el biofiltro las concentraciones de oxígeno perjudicando a las bacterias nitrificantes las cuales son aeróbicas obligadas. Las poblaciones

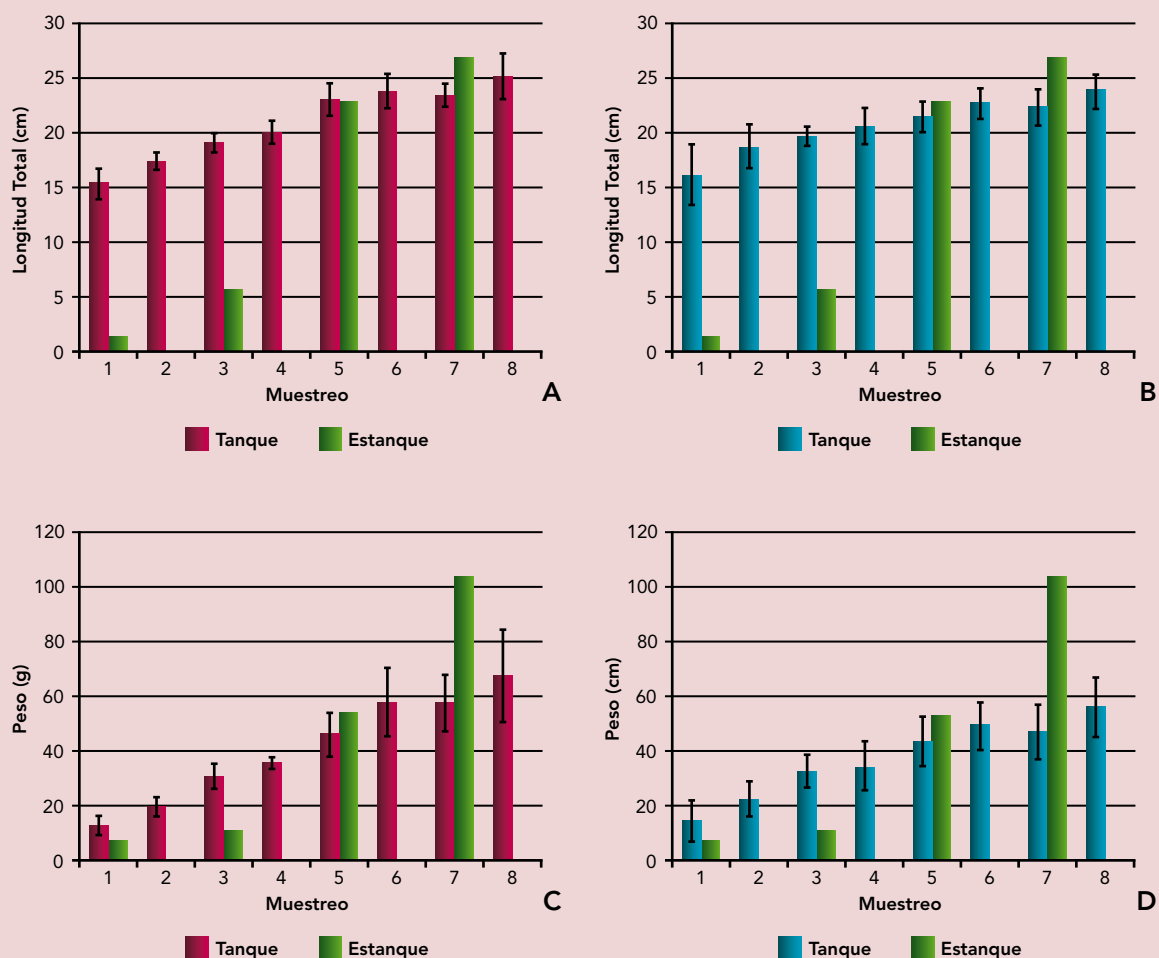
de bacterias más susceptibles fueron las encargadas de la oxidación de nitrito a nitrato (Timmons *et al*, 2002; Stickney, 2000) lo que se evidencia en la tabla 3 en donde no se vuelven a presentar valores altos de nitrato.

Otro factor que influye significativamente en el crecimiento de los peces es la temperatura (Rodríguez *et al*, 2001). Este parámetro físico en los SCR estuvo por debajo de los niveles reportados por Argumedo (2005), Rodríguez (2005) y Castro y Santamaría (1993) en *O. bicirrhosum*, que aunque reportan temperaturas altas no se puede afirmar que esta fuera la temperatura óptima para la especie, ya que no se conoce el rango de variación a lo largo de sus estudios.

Teniendo en cuenta los hallazgos de Cardeler (2001) y González (2007) en peces, al ser estos organismos ectotérmicos, cuando son mantenidos a temperaturas bajas las tasas metabólicas y de crecimiento disminuyen, por lo cual nosotros esperábamos un menor crecimiento en los SCR en comparación con los otros trabajos realizados en esta especie. Los estudios antes mencionados en *O. bicirrhosum* fueron realizados en lugares que presentan una menor altitud sobre el nivel del mar, esto les permitió tener una temperatura del agua mayor, por lo cual se esperaba que la tasa metabólica y de crecimiento aumentara, pero al comparar los resultados de crecimiento en los SCR con el trabajo realizado por Argumedo (2005) se encontró un crecimiento similar. Sin embargo, esto no ocurrió con respecto al trabajo de Rodríguez (2005) y Castro y Santamaría (1993) los cuales presentaron temperaturas mayores a la de los SCR pero obtuvieron un crecimiento y sobrevivencia menor.

Analizando en más detalle los trabajos realizados previamente en *O. bicirrhosum* en cuanto a crecimiento se muestra que Castro y Santamaría (1993), quienes cultivaron alevinos de *O. bicirrhosum* en estanques de concreto de 75 m² de superficie, con una densidad de siembra de 1.07 individuos/m² con un peso inicial promedio de 2.16 g y una longitud promedio de 6.86 cm por un periodo de 410 días, obtuvieron a los 170 días (equivalente a los cuatro meses que comprendió nuestro estudio), valores de peso de 25.2 g y de longitud de 15.6 cm los cuales son menores a los obtenidos en los SCR (66.9 g TK1 y de 55.9 g TK2 y de longitud TK1 25.1cm y TK2 23.7 cm). Esto puede deberse a que en el transcurso del estudio de Castro y Santamaría (1993) los alevinos fueron alimentados a razón del 5% de la biomasa total con un nivel de proteína bruta del 45% proteína suplementada con insectos (larvas de avispa y termitas); estos niveles fueron menores a los utilizados en el estudio en SCR (ajuste del alimento al 10% de la biomasa y nivel de proteína 50%) aunque en el último mes se alimentaron con un concentrado de 38% de proteína.

En el estudio realizado por Argumedo (2005) para la misma especie, se mantuvieron alevinos en estanques en tierra durante un año; para el segundo mes se registraron valores de peso de 5.7 g y una longitud de 10.5 cm y después del quinto mes finaliza con un peso promedio de 102.7 g y una longitud total promedio de 26.8 cm. En la Figura 2, se muestra la comparación de los pesos y longitud para el TK1 (A) y TK2 (B) con respecto a los reportados por Argumedo (2005) los cuales fueron similares durante el periodo de estudio aun cuando los peces fueron alimentados a una



mayor proporción (20% de la biomasa con un nivel de proteína entre 40% y 45%). Cabe anotar que en el citado estudio no se presentan valores de desviación para así de esta manera, establecer si efectivamente se presentaban diferencias, pues en su población es posible que haya tenido heterogeneidad, del mismo modo se aclara que los tiempos de muestreo

de Argumedo no fueron constantes, es por eso que en la figura 2 se presentan vacíos al compararlos con nuestros muestreos.

Parámetros productivos

Los parámetros productivos obtenidos en este estudio fueron satisfactorios en comparación con otros trabajos realizados en O.

bicirrhosum (Tabla 5). Cabe resaltar que no se conoce si el alimento suministrado a *O. bicirrhosum* durante los cuatro meses de estudio, cumplía con todos los requerimientos nutricionales para la especie. Lo que si se puede decir es que este suplió las necesidades básicas mostrando resultados satisfactorios en las variables evaluadas.

Para el FCA el TK2 obtuvo el mayor valor con 2.36 contra 1.16 reportado en el TK1 y este comportamiento fue manteniendo durante todo el estudio. Según estos valores, *O. bicirrhosum* en SCR presenta una mayor FCA en comparación con los valores reportados por Rodríguez (2005), donde obtuvo un FCA de 0.7 en acuarios. Es importante aclarar que ese trabajo se realizó con alevinos (oscilaron de 1.0 g a 1.5 g) en un periodo más corto (30 días) por lo cual estos individuos poseían una tasa metabólica más elevada. Cabe destacar que un acuario es un sistema de recirculación, por lo tanto es válida la utilización de los datos de FCA de dicho trabajo. Comparando los valores de nuestro trabajo, con los de *Arapaima gigas* perteneciente a la familia Osteoglossidae (Rebaza, 1999) y que al igual que *O.*

bicirrhosum es una especie carnívora (OSPPA, 2005); *A. gigas*, presenta valores de FCA de 3 (Padilla et al, 2004) por lo que se puede inferir que *O. bicirrhosum* presentaría un mejor FCA, tanto en el trabajo realizado por Rodríguez (2005) y el nuestro en SCR.

El tanque que presento menor FCA fue el TK1 (1.16) donde los parámetros físico-químicos fueron más heterogéneos en comparación con TK2 (2.36) donde fueron mas estables durante todo el estudio.

Para TCE, Rodríguez (2005) reporta en su investigación (realizada en acuarios) un valor de 0.03% día⁻¹, siendo mejor los resultados obtenidos en los SCR usados en este experimento (TK1= 1.72% día⁻¹ TK2= 1.34% día⁻¹).

El Factor de Condición (K) mostrado para ambos tanques (Tabla 4) permite inferir, (TK1 y TK2= 0.41) según la escala de Williams 1964; en (Mayorga 1992), que los individuos estuvieron bien nutridos (rango de 0.25 a 0.75) a lo largo de todo el estudio.

De la misma manera se presenta la cantidad de alimento suministrado durante los cuatro meses (Tabla 6) en que se llevó a cabo el estudio.

Los resultados arrojados por el modelo potencial muestran que el crecimiento de *O. bicirrhosum* a lo largo del estudio en SCR es de tipo isométrico lo que indica que las variables estudiadas (peso y la longitud) aumentan en igual proporción, similar a lo reportado por Castro, Santamaría y Argumedo, donde al evaluar la relación entre la longitud y el peso el coeficiente de regresión estuvo cercano a 3.

	TANQUE	
	1	2
Alimento Entregado (g)	11650	12030
Bi(g)	464	573
Bf(g)	1607	1398
Biomasa Ganada(g)	1143	825
GP (g)	54.76	41.08
TCE (% días ⁻¹)	1.62	1.26
FCA	1.16	2.36
FC	0.41	0.41
N° Peces Inicial	30	30
N° Peces Final	24	25
Supervivencia (%)	80	83

Tabla 5. Biomasa inicial (Bi) y final (Bf) , Ganancia en Peso (GP), Tasa de Crecimiento Específica (TCE), Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y Factor de Condición (K) para juveniles de *O. bicirrhosum* en SCR en un periodo de cuatro meses.

Tanques	Truchina 50% (Kg)	Truchina 38% (Kg)
TK1	9.24	2.41
TK2	9.93	2.10
Total Concentrado	19.17	4.51
Total Alimento	23.68	

Tabla 6. Cantidad de alimento suministrado a *O. bicirrhosum* en SCR.

Los SCR permitieron obtener un sobrevivencia mayor que los estudios realizados anteriormente; para el caso de Castro y Santa-
maría (1993) obtuvieron una sobrevivencia del 35% y 46% respectivamente en estanques de concreto, contra el 80% TK1 y el 83% TK2 en los SCR; esto puede deberse a que los sistemas de recirculación permiten un buen uso y disposición del alimento y una observación constante del comportamiento de los peces ante cualquier anomalía (Espinoza, 1999). Para el caso de Argumedo (2005) y Rodríguez (2005) no se estimó esta variable.

Modelos de crecimiento

A partir de regresiones se evaluaron modelos de crecimiento como el potencial, el exponencial y el lineal.

Modelo Potencial

Se realizó una regresión potencial, para relacionar la longitud total con el peso corporal de *O. bicirrhosum* en ambos tanques.

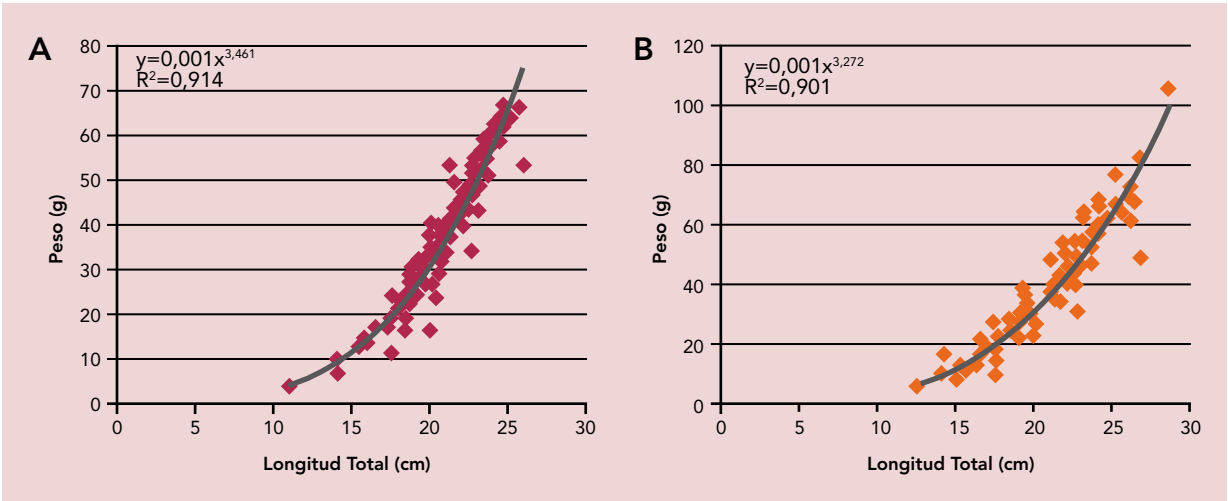


Figura 3. Modelos potenciales y líneas de tendencia para la relación longitud total-peso de *O. bicirrhosum* en un SCR. A TK1 y B TK2.

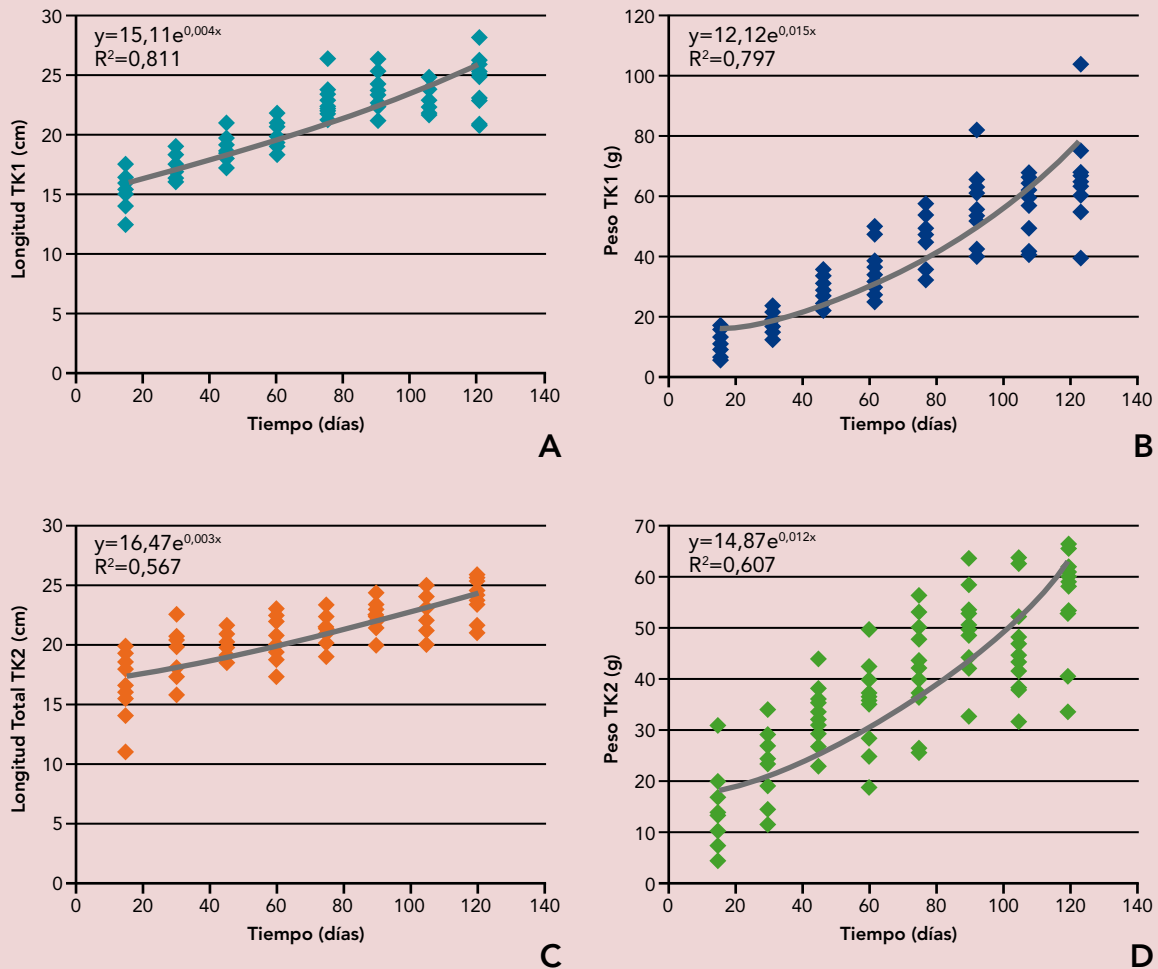


Figura 4. Modelo exponencial para TK1 y TK2. Longitud total (A y C) y Peso (B y D) en función del tiempo. Líneas de tendencia (Negro)

El coeficiente de regresión para los dos SCR fue de $b=3.46$ para TK1 y de $b=3.27$ para el TK2 (Fig. 3). En ambos casos el coeficiente de determinación R^2 fue alto, mostrando que los datos si se ajustaron al modelo (TK1 $R^2=0.91$ y TK2 $R^2= 0.90$).

Los resultados arrojados por el modelo potencial muestran que el crecimiento de *O.*

bicirrhosum a lo largo del estudio en SCR es de tipo isométrico lo que indica que las variables estudiadas (peso y la longitud) aumentan en igual proporción (Ricker 1971), similar a lo reportado por Castro y Santamaría (1993) y Argumedo (2005), donde al evaluar la relación entre la longitud y el peso el coeficiente de regresión estuvo cercano a 3.

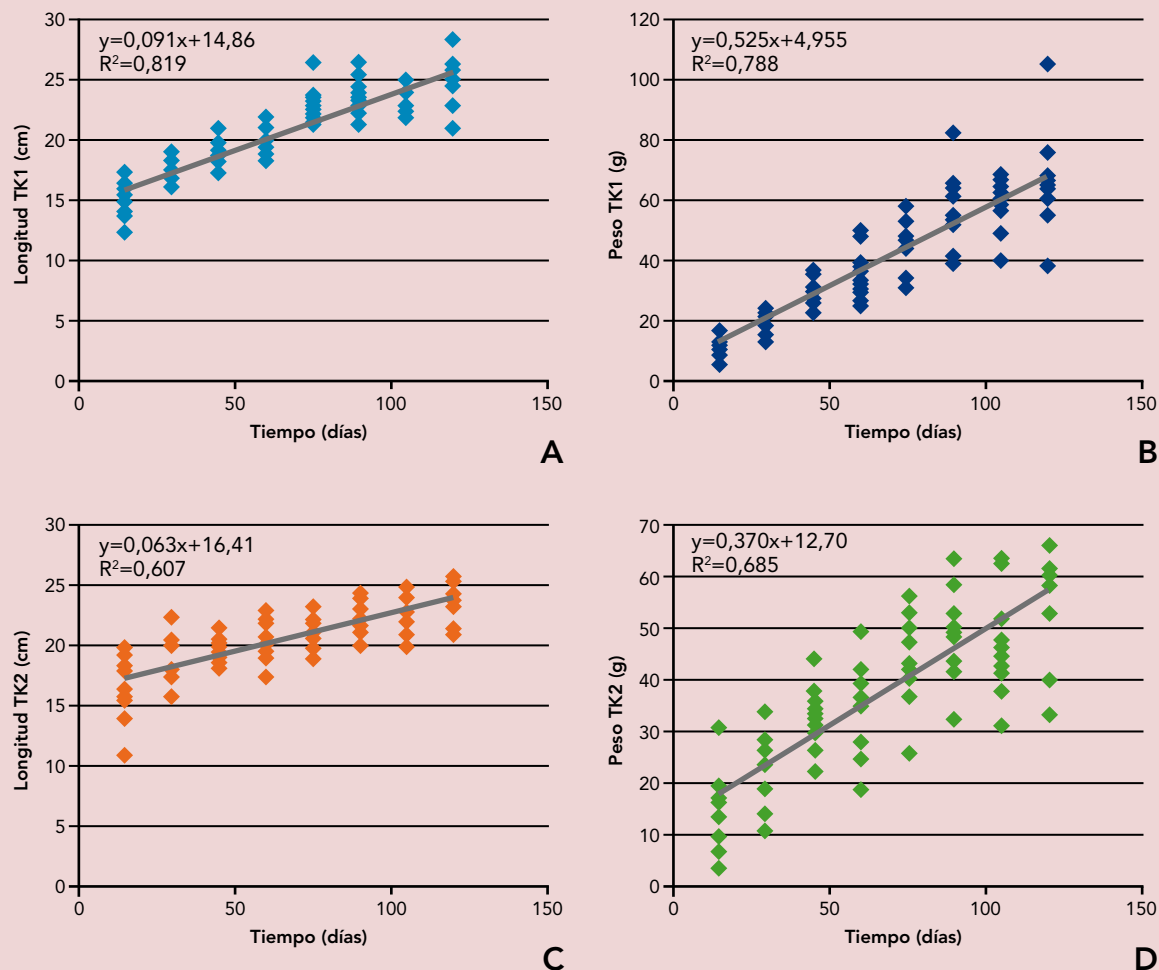


Figura 5. Modelo lineal para TK1 y TK2. Longitud Total (A y C) y Peso (B y D) en función del tiempo. Líneas de tendencia (Negro).

Modelo Exponencial

Se evaluaron los datos en un modelo exponencial para analizar el comportamiento de los datos a lo largo de los cuatro meses de estudio como se muestra en la figura 4.

Para el TK1 se puede observar que el coeficiente de determinación para el caso de la longitud total esta en $R^2 = 0.81$ y para

el caso del peso el ajuste es de $R^2 = 0.79$ (Fig. 4 letras A y B).

En el caso de TK2 el coeficiente de determinación es de $R^2 = 0.56$ para la variable de Longitud Total y para el peso fue de $R^2 = 0.60$, en comparación con el TK1; este presenta valores inferiores a los mostrados en el TK1 (Longitud Total = 0.81. Peso = 0.79) (Fig. 4 letras C y D).

Modelo Lineal

Se realizó un modelo lineal, para ambos tanques como se aprecia en la figura 12. Para el TK1 se observó que el coeficiente de determinación fue $R^2 = 0.81$ para la longitud total. En el caso del peso, el ajuste en el modelo fue $R^2 = 0.78$ (Fig. 5 letras A y B). Para TK2, el coeficiente de determinación fue inferior al presentado en el TK1, tanto para longitud y peso. El coeficiente está en $R^2 = 0.60$ para el caso de la longitud y de $R^2 = 0.68$ para el peso (Fig. 5 letras C y D).

Una vez evaluados los modelos exponencial y lineal, se observa que el TK1 presentaba mejor ajuste en comparación con el TK2 para las variables de peso y longitud. Sin embargo, ambos modelos presentaron coeficientes de determinación altos y similares; lo que no permitiría establecer cuál es el más apropiado para explicar el crecimiento de *O. bicirrhosum* en estos cuatro meses de estudio. Si tenemos en cuenta, que la mayoría de organismos biológicos presentan un crecimiento exponencial en sus primeras etapas de desarrollo (Ramírez, 1999), sería más conveniente tomar este modelo para definir el crecimiento de *O. bicirrhosum*. Además, el modelo exponencial está intrínseco en los modelos de crecimiento de Gompertz, Logistic, Richards y Von Bertalanffy los cuales son los más usados en la explicación de crecimiento de peces en su ciclo de desarrollo (Ramírez, 1999).

A partir de los resultados obtenidos de crecimiento y parámetros productivos en juveniles de *O. bicirrhosum* se puede concluir que los Sistemas Cerrados de Recirculación diseñados a mínimo costo en la Universidad Militar Nueva Granada son aptos para el levante y cría de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Militar Nueva Granada especialmente a la Vicerrectora de Investigación por la financiación y de igual manera a la Facultad de Ciencias por el préstamo de sus instalaciones para la ejecución de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1. Argumedo E. 2005. ARAWANAS. Manual para la cría comercial en cautiverio. Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Florencia, 19-83 p.
2. Botello W y Fuquem Y. 2006. Ensayo preliminar para la evaluación del crecimiento de Cachama Blanca (Pisces: *Piaractus brachipomus*) en sistema de cultivo semi-intensivo con recirculación de agua. Tesis. Programa de Biología Aplicada. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.
3. Calderer A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata*). Tesis Departamento de Biología Animal. Universidad de Barcelona. Barcelona.
4. Castro D Y Santamaría C. 1993. Notas preliminares sobre el desarrollo de la Arawana (*O. bicirrhosum*) (Vandelli, 1829) en estanques de tierra. Colombia Amazónica, 6:47-59.
5. Chaves R, Camargo M. Quiroz H y Ileros A. 2005. Ritmo de atividade diária de *O. bicirrhosum* (peixes: Osteoglossiformes) em

- quatro lagos da reserva de Desenvolvimento sustentável Mamirauá. AM. Instituto de Desenvolvimento sustentável Mamirauá, UAKARI, 1: 49-55.
6. Deza S, Quiroz S, Rebaza M y Rebaza C. 2002. Efecto de la siembra en el crecimiento de *Piaractus brachipomus* "Paco" en estanques semi-naturales de Pucallpa. Folia Amazónica, 13:11-21.
 7. Espinoza J. 1999. Evaluación de dos sistemas de recirculación utilizando filtros biológicos para cultivo de tilapia. Departamento de Acuicultura. Centro de Investigación Científica. Tijuana-Ensenada.
 8. Gonzales G. 2007. Efectos de la temperatura sobre la alimentación y la respiración de los Gupis *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). Anales Universitarios de Etología, 1:27-31.
 9. Jensen B. 2003. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. Comparative Biochemistry and Physiology. Institute of Biology. University of Southern Denmark, 135:9-24.
 10. Lowrya D, Wintzera P, Matotta M, Whitenacka L, Hubera D, Dean M y Mottaa J. 2005. Aerial and aquatic feeding in the silver Arawana, *Osteoglossum bicirrhosum*. U.S.A. Environmental Biology of Fishes, 73:453-462.
 11. Martínez L, Villareal H y Civera R. 2005. Estudio de los parámetros de producción del acocil australiano *Cherax quadricarinatus* variando el nivel de proteína en su dieta. Hidrobiología, 15:255-260.
 12. Mancera N y Álvarez R. 2008. Comercio de peces ornamentales en Colombia. Acta biológica, 1:23-52.
 13. Mayorga M. 1992. Biología reproductiva y alimentación de las poblaciones de Capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii*, Humbolt 1805. (Pisces: Trichomycteridae), en la laguna de Fúquene. Tesis Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, D.C., 86 p.
 14. McGee M y Cichra C. 2000. Principles of water recirculation and filtration in aquaculture. Department of Fisheries and Aquatic Sciences. University of Florida.
 15. Montaña C, Chacón C y Hurtado H. 2005. Montaje y ensayo preliminar de un sistema de recirculación de agua para el cultivo de *Onchorhynchus mykiss*. Universidad Militar Nueva Granda. Bogotá. Colombia. Revista de la Facultad de Ciencias, 1:88-91.
 16. OSPPA-LOS DELFINES. GM-LOS TUCANES. 2005. Plan de manejo de *Osteoglossum bicirrhosum* "arahuana" en la Cocha Shanuinto-Yanayacu Río Pacaya RNPS. ProNaturaleza. Iquitos. Perú, 31 p.
 17. Padilla P, Ismiño R, Alcantara F y Tello S. 2004. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del Paiche, *Arapaima gigas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía peruana -IIAP. Programa de Ecosistemas Acuáticos. Centro de Investigaciones Quistococha de Loreto. MEMORIAS: Manejo de Fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica, 59-62 p.
 18. Piedrahita R. 2006. Sistema de recirculación en la acuicultura. Departamento de Ingeniería Biológica y Agrícola. Universidad de California, Davis.
 19. Quintero P. 2000. Especies ícticas amazónicas promisorias para la acuicultura Nacional. Laboratorio de Ictiología, FMVZ-UN. Universidad Nacional. Colombia.

20. Ramírez A. 1999. Ecología Aplicada. Diseño y Análisis Estadístico. Fundación Universidad Jorge Tadeo lozano.
21. Rebaza M, Alcántara F y Valdivieso M. 1999. Manual de Piscicultura para el Paiche (*Arapaima gigas* Cuvier). Tratado de cooperación amazónica. Caracas, Venezuela, 68 p.
22. Ricker W. 1971. Methods for assesment of fish production in freshwater. International Biological Programme. Hand Book No.3. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edimburg, 348 p.
23. Rodríguez C, Landines M y Alonso J. 2005. Aportes al manejo en cautiverio post-captura de alevines de arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) evaluando biomasa inicial de siembra. V Seminario Internacional de Acuicultura, 114 p.
24. Rodríguez C, Alonso J y Landines M. 2005. Evaluación de cuatro modelos de crecimiento en juveniles de Arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) manejada en cautiverio en Amazonia Colombiana. Presentación de Poster. Universidad Nacional de Colombia.
25. Rodríguez H y Anzola E. 2001. La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. Capítulo III, 43-63 p. En: Rodríguez H, Daza P y Carrillo M. Fundamentos de Acuicultura Continental. Ed. Segunda. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura IM-PA. Colombia.
26. Rodríguez C. 2007. Estado de pesca actual de la Arawana pez ornamental en peligro. Universidad Nacional. Bogotá.
27. Sánchez A, Vargas V, Rodríguez D, Moreno P, Hurtado H. 2007. Estudio preliminar del Efecto de la Temperatura del Agua sobre el Crecimiento de *Carassius auratus* mantenido en Sistema de Recirculación. Universidad Militar Nueva Granda. Bogotá. Colombia. Revista de la Facultad de Ciencias, 3:163. 175.
28. Stratton R. 1998. Filtration Equipment, 17-19 p en: *Aquarium Filtration*. YearBooks. New Jersey.
29. Stickney R. 2002. Encyclopedic of Aquaculture, 586-589 p. Wiley. interscience. Texas
30. Timmons M, Ebeling L, Wheaton F, Summerfelts S y Vinci B. 2002. Recirculating Aquaculture Systems. Capítulo VII. Biofiltration, 205-212 p. Northeastern Regional Aquaculture Center. New York.
31. Ureña F. 2005. Guías de producción de peces ornamentales de la Orinoquía Colombiana. Arawanas. Universidad Nacional de Colombia. Villavicencio-Meta, 2-11 p.
32. Watson C y Hill J. 2006. Design criteria for recirculating, marine ornamental production systems. University of Florida. Aquacultural Engineering, 34:157-162
33. Wedemeyer G. 1996. Interactions with water quality conditions. Capítulo III, 80-82 p. En: *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Chapman & Hall. New York.

CONSULTA VIRTUAL

34. Moseby R. 2003. Recirculation systems in aquaculture. Inland Aquaculture Association of South Australia. PIRSA Aquaculture SA. www.pir.sa.gov.au. Consultado en Febrero 19 de 2007.
35. Planquette P y Lebail P. 1996. Fish Base. www.fishbase.org. Consultado en Febrero 19 de 2007